

В. Т. Радкевич, В. А. Скотников

**ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ ПРИВОДА ФРЕЗЕРНЫХ  
КАНАЛОКОПАТЕЛЕЙ**

В 1963—1965 гг. в СКБ «Мелиормаш» под руководством авторов этой статьи проведены исследования фрезерных каналокопателей КФН-1200 и Д-583, предназначенных для строительства каналов осушительных систем и лесных дорог (копание придорожных кюветов, водоотводящих канав и др.). Схема работы фрезерного каналокопателя показана на рис. 1.

На рис. 2 дан график зависимости мощности от производительности на привод фрезы каналокопателя КФН-1200 при равных условиях по формулам, предложенным И. С. Полтавцевым, И. И. Мером и Г. А. Мутушевым [1—3].

Из графика следует, что фактический расход мощности для привода рабочих органов вышеуказанных машин может отличаться от вычисленного по существующим методикам в два и более раза.

На основании анализа научно-исследовательских работ и имеющихся экспериментальных данных представляется возможность пересмотреть и уточнить существующие методы расчета энергозатрат на привод рабочих органов фрезерных каналокопателей.

Выбор метода расчета предполагает предварительное экспериментально-теоретическое обоснование модели изучаемого процесса. Обычно такая модель создается путем принятия ряда допущений, идеализирующих исследуемое явление.

В нашем случае выбор структурной модели процесса разработки грунта фрезами проводился на основе изучения результатов исследований и кривой  $M_{сек}$  (рис. 3), характеризующей уменьшение энергозатрат в период между обрушениями и ростом энергозатрат в моменты обрушения. Наблюдения и анализ обрушения грунта, характеризующегося свободным падением призм грунта на фрезы и последующим их разрушением; факт разгона и выброса всего грунта,— все это позволило заключить, что процесс разработки грунта фрезами каналокопателей КФН-1200 и Д-583 состоит из трех основных компонентов, осуществляющихся во времени в различных количественных пропорциях. Эти компоненты следующие:

- 1) фрезерование грунта ножами фрез по периметру забоя;
- 2) свободное падение грунтовых призм на фрезы и выброс этого грунта;
- 3) фрезерование грунтовых призм и откосов торцовыми кромками лопаток фрез при случайных колебаниях в вертикальной плоскости рабочего органа.

Каждый из названных компонентов имеет пять однотипных элементов: разрушение естественных связей грунта резанием ножами фрез, давлением кромок лопаток или силой гравитации; деформация грунта

ударом о ножи, лопатку; разгон разрушенного грунта до скорости выброса; трение разгоняемого грунта о грунт забоя; подъем грунта на высоту  $H$  для удаления его с места разработки.

Кроме этого, всему процессу разработки грунта всегда сопутствуют затраты мощности на вентиляцию воздуха лопатками и диском фрез и на покрытие потерь в силовой передаче привода фрез.

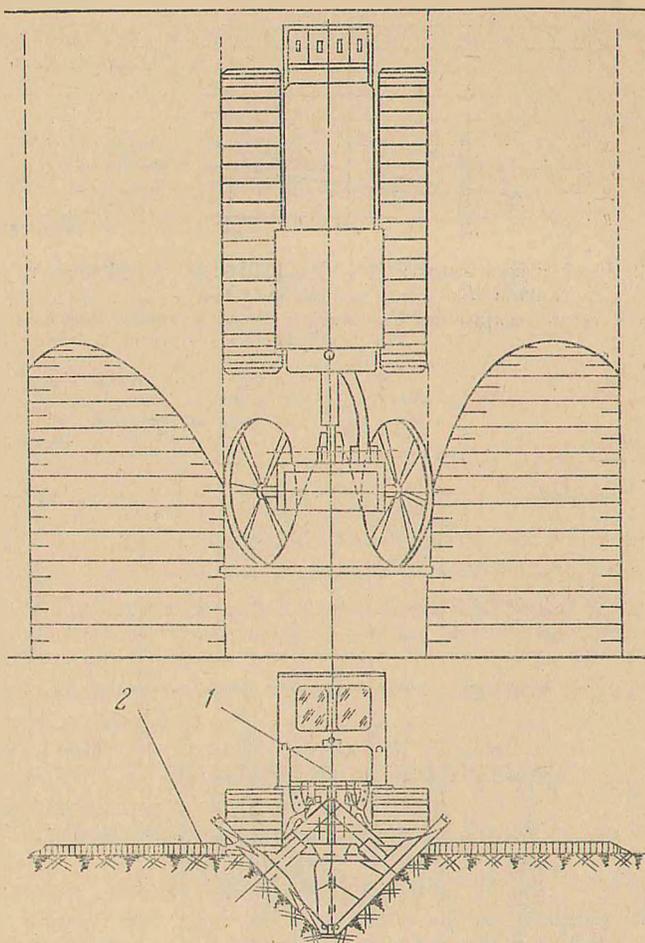


Рис. 1. Схема работы фрезерного каналокопателя:  
1 — каналокопатель; 2 — выброшенный грунт.

Таким образом, процесс разработки грунта можно представить качественно в виде структурной модели (рис. 4, а), синтезированной из суммы трех моделей, каждая из которых состоит из элементарных моделей, соответствующих пяти названным однотипным элементам.

Однотипность элементов процесса разработки грунта качественная. Количественно все эти элементы каждого из компонентов отличаются друг от друга. Поэтому и энергозатраты по компонентам различные. Полные энергозатраты двигателя на привод фрез можно изобразить схематически, как показано на рис. 4, б.

Представляет интерес вопрос о существовании во времени названных трех компонентов процесса разработки грунта. Кривые  $M_{сек}$  (см. рис. 3), имеют два характерных участка. Первый участок соответствует  $M_{сек} = M_{min}$ . В этот период обрушения грунта нет или его очень мало. Осуществляется в основном фрезерование грунта ножами фрез по периметру забоя.

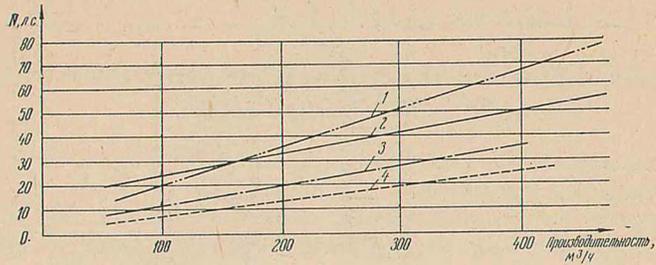


Рис. 2. График зависимости  $N = f[П]$  КФН-1200 (торфяник, глубина канала  $H = 1,2$  м, заложение откосов 1 : 1):

1 — по Меру; 2 — фактическая зависимость; 3 — по Мутушеву; 4 — по Полтавцеву ( $v_a = 0,5 v_{рез}$ ).

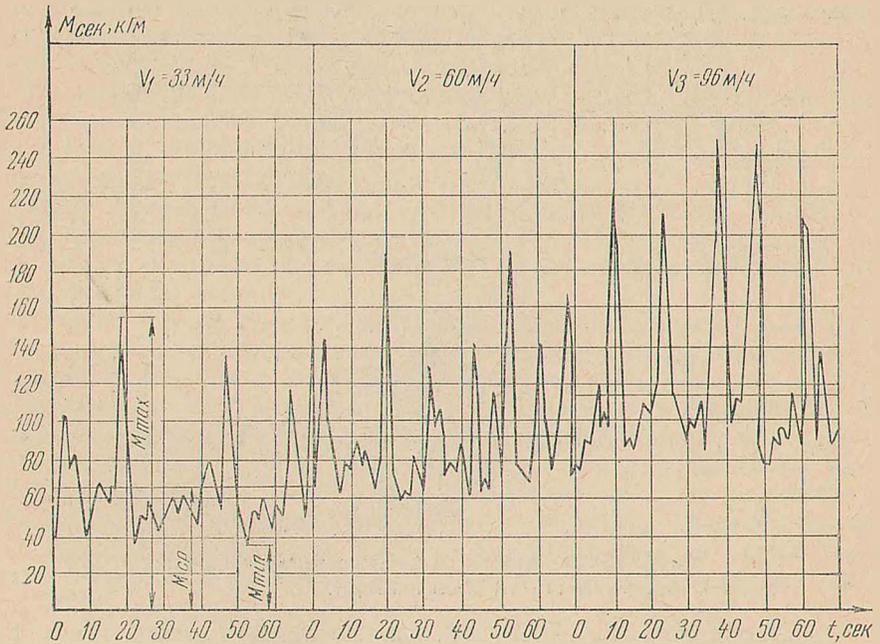


Рис. 3. График изменения крутящего момента каналокопателя КФН-1200 во времени.

Есть также вероятность существования фрезерования грунта торцовыми кромками лопаток. Второй участок соответствует  $M_{сек} = M_{max}$ . В этот период осуществляются все три компонента процесса разработки грунта. Энергозатраты этого периода велики. Они определяют потребляемую мощность двигателя.

Принятая структурная модель процесса разработки грунта фрезами позволяет представить баланс мощности на привод двухфрезерного каналокопателя в следующем общем виде:

$$N_{\text{дв}} = \frac{1}{\eta_{\text{тр}}} (N_1 + N_2 + N_3 + N_4 + N_5 + N_6),$$

где  $N_1$ — мощность на разрушение грунта ножами фрез по периметру забоя, л. с.;  
 $N_2$ — мощность на деформацию грунта ударом и на разгон до скорости выброса, л. с.;

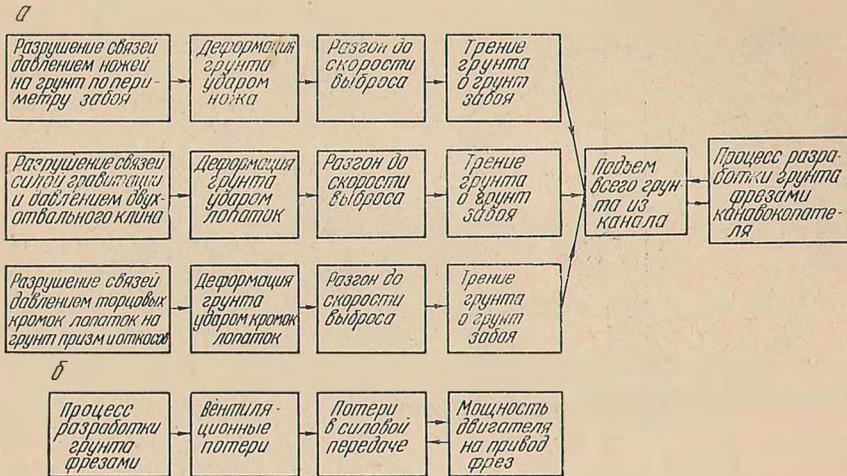


Рис. 4. Структурная модель процесса разработки грунта фрезами:

а — процесс разработки грунта фрезами; б — полная мощность двигателя на привод фрез.

$N_3$ — мощность на трение грунта, находящегося на концах лопаток, о грунт забоя, л. с.;

$N_4$ — мощность на подъем грунта из канала, л. с.;

$N_5$ — мощность на фрезерование грунта торцевыми кромками лопаток, л. с.;

$N_6$ — мощность на вентиляцию воздуха фрезами, л. с.;

$\eta_{\text{тр}}$  — к. п. д. силовой передачи привода фрез.

Определение энергозатрат на привод фрез обозначим через  $N_{\text{фр}} = N_1 + N_2 + N_3 + N_4 + N_5$  мощность, необходимую непосредственно для осуществления процесса разработки и выброса грунта.

Примем следующие обозначения, указанные на рис. 5:

$\alpha_k$ — угол контакта фрезы с забоем;

$R$ — наружный радиус фрезы;

$\rho_0$ — начальный радиус соударения обрушившегося грунта с фрезой;

$\rho$ — текущее значение координаты положения грунта, разгоняемого лопаткой после соударения;

$H$ — глубина забоя;

$S$ — текущее значение толщины стружки, срезаемой ножами фрезы.

Кроме этого, дополнительно примем следующие допущения:

1) сопротивление грунта разрушению естественных связей (сопротивление вдавливанию) прямо пропорционально площади режущих но-



Таблица 1

## Удельные сопротивления грунта копанию [1]

Категория грунта	Наименование грунта	Коэффициент разрыхления $K_{\text{разр}}$	Объемный вес грунта, $\text{кг/м}^3$	Удельное сопротивление копанию, $\text{кг/м}^2$
I	Пески, супески, растительный слой, чернозем, торф без корней	1,08—1,3	1100—1500	10 000
II	Мягкие суглинки, мелкий гравий, песок со щебнем	1,14—1,28	1600—1900	20 000
III	Средние глины, крупный гравий, тяжелые суглинки	1,24—1,3	1600—1900	30 000

Мощность  $N_2$  определяется по формуле

$$N_2 = \frac{\gamma P v_{\phi}^2}{270\,000g} \text{ л. с.},$$

где  $\gamma$  — объемный вес грунта,  $\text{кг/м}^3$ ;  
 $v_{\phi}$  — окружная скорость фрезы по кромкам ножей,  $\text{м/сек}$ ;  
 $g$  — ускорение силы тяжести,  $\text{м/сек}^2$ .

Выражение для мощности  $N_3$  получено теоретически.

Вывод формулы для  $N_3$  осуществлялся с использованием методики, предложенной Г. А. Мутушевым [1]. Получено, что

$$N_3 = \frac{\gamma P v_{\phi}^2 f_2}{270\,000g} \left[ p \frac{\alpha_k - \sin \alpha_k}{1 - \cos \alpha_k} + 0,4 \alpha_k (1 - p) \right] \text{ л. с.},$$

где  $f_2$  — коэффициент трения грунта по грунту.

Мощность на подъем грунта из канала

$$N_4 = \frac{0,7 P H \gamma}{270\,000} \text{ л. с.},$$

где  $H$  — глубина отрываемого канала,  $\text{м}$ .

Мощность на фрезерование грунта торцовыми лопатками

$$N_5 = \frac{K_2 P (1 - p)}{270\,000} \text{ л. с.},$$

где  $K_2$  — удельное сопротивление грунта копанию торцовыми кромками лопаток фрез при торцовом фрезеровании грунтовых призм или откосов,  $\text{кг/м}^2$ .

По опытно-расчетным данным величина  $K_2$  машины КФН-1200 и Д-583 находится в пределах 6000—7000  $\text{кг/м}^2$  для торфяных грунтов и 8000—8500  $\text{кг/м}^2$  для минеральных грунтов III категории.

Суммируя отдельные энергозатраты, получим

$$N_{\text{Фр}} = \frac{P}{270\,000} \left[ K_1 P + K_2 (1 - P) + \frac{\gamma v_{\phi}^2}{g} (1 + f_2 \cdot A) + 0,7 \gamma H \right] \text{ л. с.},$$

где  $A$  — выражение в квадратных скобках в формуле для  $N_3$ .

Мощность  $N_6$  на преодоление потерь, обусловленных вентиляционным эффектом двух фрез с достаточной для практических расчетов точностью, подсчитываем по формуле

$$N_6 = \frac{\gamma_{\text{возд}} \cdot b_{\text{л}} R v_{\text{ф}}^3}{75 g} \cdot Z \text{ л. с.},$$

где  $Z$  число лопаток на фрезе;

$\gamma_{\text{возд}}$  — плотность воздуха; при  $20^\circ\text{C}$   $\gamma_{\text{возд}} = 1,2 \text{ кг/м}^3$ ;

$b_{\text{л}}$  — ширина лопаток фрезы, м.

Расчетные значения мощности  $N_{\text{фр}}$ , полученные по предлагаемой формуле, отличаются от данных эксперимента не более, чем на 3—5% и могут быть использованы при проектных расчетах.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. И. С. Полтавцев. Фрезерные каналокопатели. Киев, 1954.
2. И. И. Мер. Мелиоративные машины. М., 1965.
3. З. Е. Гарбузов, В. К. Ильгисонис и др. Землеройные машины непрерывного действия. Л., 1965.